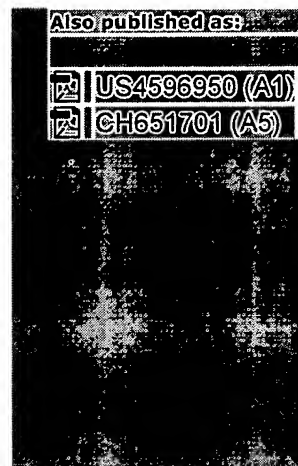


## Compensated transducer

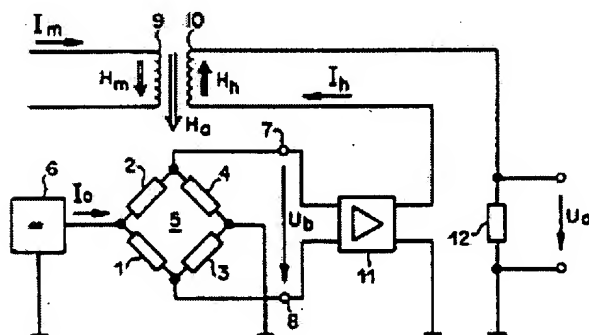
**Patent number:** DE3133908  
**Publication date:** 1982-07-08  
**Inventor:** LIENHARD HEINZ (CH); PETR JAN (CH)  
**Applicant:** LANDIS & GYR AG (CH)  
**Classification:**  
 - International: H01F40/06  
 - european: G01R17/06, G01R15/20C  
**Application number:** DE19813133908 19810827  
**Priority number(s):** CH19800009568 19801224



Abstract not available for DE3133908

Abstract of correspondent: **US4596950**

A compensated measurement transducer for measuring a first current generates a first magnetic field of a predetermined direction which flows in a first circuit including a first conductor; a second current substantially similar to the first current is generated in a second circuit and the first current is measured by obtaining the value of the second current. The second circuit includes a compensating current conductor, which generates a second magnetic field, compensating the first magnetic field, a Wheatstone bridge to which both magnetic fields are applied, and an amplifier connected to the output of the Wheatstone bridge, and coupled to the compensating current conductor. An auxiliary magnetic field is applied to the Wheatstone bridge, which is connected to a current- or voltage-source, and includes four ferromagnetic and magnetoresistive thin film. The magnetic fields have a direction along the direction of the hard magnetic axes of the thin films, and the thin films are so positioned that the magnetization of two electrically oppositely disposed thin films, which results from the application of the first and second magnetic fields thereof, is rotated in a direction opposite to the correspondingly resulting magnetization of the remaining thin films, following application of the auxiliary magnetic field to the thin films.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3133908 C2

⑤ Int. Cl. B:  
H 01 F 40/06

⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:  
㉖ Veröffentlichungstag:

P 31 33 908.5-32  
27. 8. 81  
8. 7. 82  
1. 6. 83

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Unionspriorität: ㉘ ㉙ ㉚

24.12.80 CH 9568-80

㉛ Patentinhaber:

LGZ Landis & Gyr Zug AG, 6301 Zug, CH

㉜ Vertreter:

Müller, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

㉝ Erfinder:

Lienhard, Heinz, Dipl. El. Ing., 6300 Zug, CH; Petr, Jan, Dipl.  
El. Ing., 6317 Oberwil, CH

㉞ Entgegenhaltungen:

DE-A S 28 25 397  
DE-A S 26 21 302  
DE-A S 23 44 508

US-Z: »IEEE Transactions on Magnetics«, Band MAG-12,  
No.6, Nov. 1976;

㉟ Kompensierter Meßstromwandler

BEST AVAILABLE COPY

DE 3133908 C2

DE 3133908 C2

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 31 33 908  
Int. Cl.<sup>3</sup>: H 01 F 40/06  
Veröffentlichungstag: 1. Juni 1983

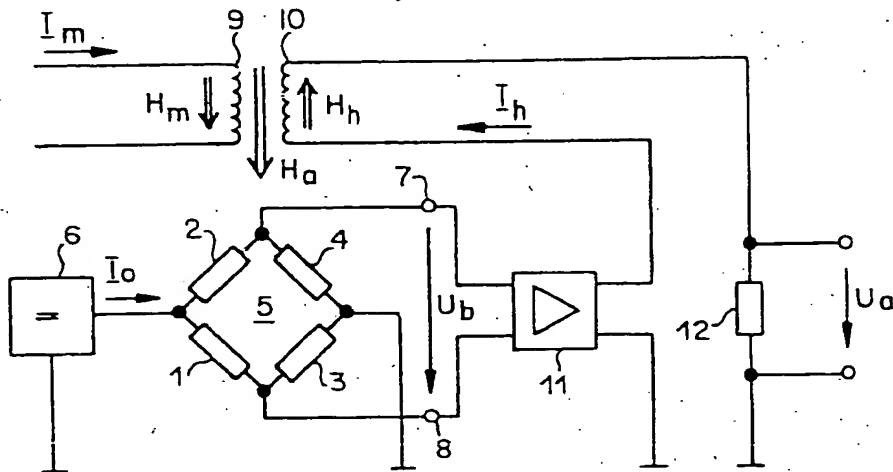


Fig. 1

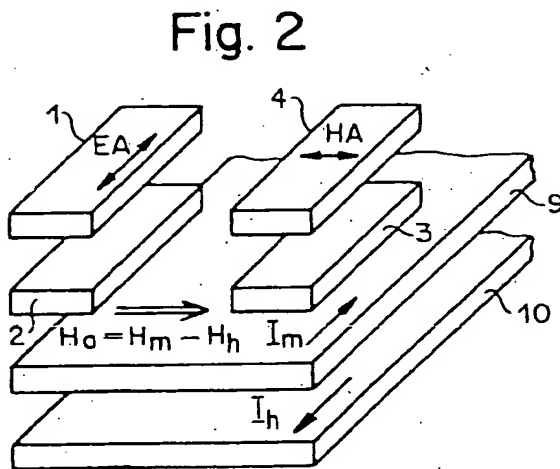


Fig. 2

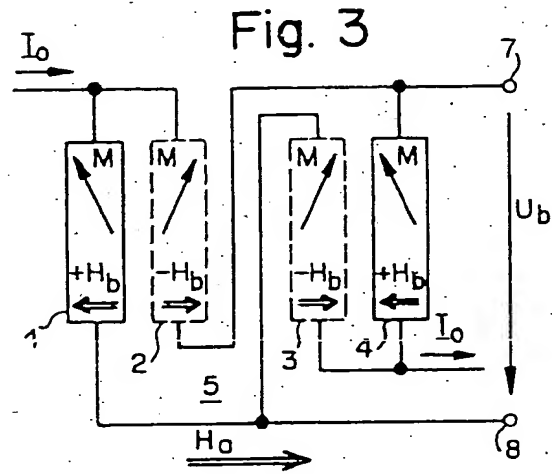


Fig. 3

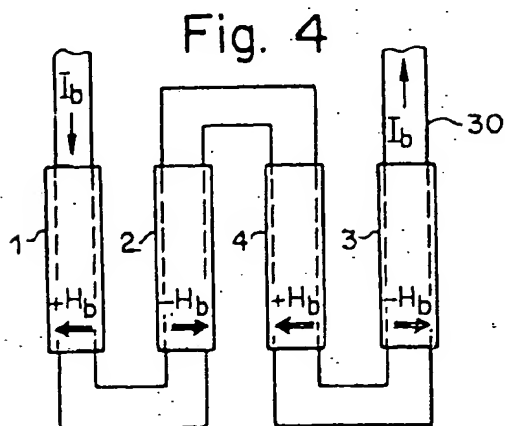


Fig. 4

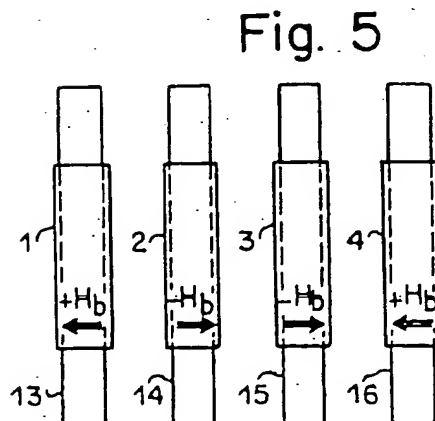


Fig. 5

31 33 908

1

## Patentansprüche:

1. Kompensierter Meßstromwandler zur Bildung eines Stromes, der ein lineares Abbild eines in einem Meßleiter fließenden Meßstromes darstellt, mit einer Magnetfeldsonde, die der vom Meßstrom erzeugten Meßmagnetfeld sowie einem diesem entgegengerichteten Kompensationsmagnetfeld ausgesetzt ist und deren Ausgang über einen elektronischen Verstärkerkreis mit einem das Kompensationsmagnetfeld erzeugenden Kompensationsstromleiter verbunden ist, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) die Magnetfeldsonde ist eine aus einer Strom- oder Spannungsquelle (6; 17) gespeiste elektrische Brücke (5), deren vier Brückenarme von je einem ferromagnetischen magnetoresistiven Dünnsfilm (1 bis 4) gebildet sind;
- b) an jedem Dünnsfilm (1 bis 4) ist in Richtung der harten Magnetachse ( $H_A$ ) ein magnetisches Hilfsfeld ( $H_b$ ) so angelegt, daß das Hilfsfeld ( $H_b$ ) in jedem Dünnsfilm (1 bis 4) die Magnetisierung ( $M$ ) um einen bestimmten Winkel aus der leichten Magnetachse ( $E_A$ ) herausdreht und die Drehung in jedem Dünnsfilm (1; 2; 3; 4) im Vergleich zur Drehung in den beiden elektrisch unmittelbar mit ihm verbundenen Dünnsfilmen (2; 3 bzw. 1; 4) in gegenläufigem Drehsinn und im Vergleich zum elektrisch mittelbar mit ihm verbundenen Dünnsfilm (4; 3; 2; 1) in gleichläufigem Drehsinn erfolgt;
- c) die Dünnsfilme (1 bis 4) sind dem Meßmagnetfeld ( $H_m$ ) sowie dem Kompensationsmagnetfeld ( $H_k$ ) durch magnetkernlose Kopplung so ausgesetzt, daß diese beiden Magnetfelder ( $H_m$ ;  $H_k$ ) die Dünnsfilme (1 bis 4) in Richtung ihrer harten Magnetachse ( $H_A$ ) magnetisieren.

2. Meßstromwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite, gleichartige Brücke (22) vorgesehen ist, deren Empfindlichkeit geringer ist als jede der ersten Brücke (5), daß der Ausgang der ersten Brücke und der Ausgang der zweiten Brücke über einen Umschalter (23) an den Verstärkerkreis (24; 25; 26) anschaltbar sind und daß der Ausgang der zweiten Brücke (22) über einen Absolutwertbildner (27) an einen Steuereingang des Umschalters (23) angeschlossen ist.

3. Meßstromwandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Brücke (5; 22) mit einer Wechselspannung oder einem Wechselstrom gespeist ist.

4. Meßstromwandler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Brücke (5; 22) an einen Wechselspannungs-Differenzverstärker (18) angeschlossen ist, welchem ein Synchrondetektor (19) und ein Filter (20) nachgeschaltet sind.

5. Meßstromwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsfeld ( $H_b$ ) ein Wechselfeld ist und daß die Brücke (5; 22) an einen Wechselspannungs-Differenzverstärker (18) angeschlossen ist, welchem ein Synchrondetektor (19) und ein Filter (20) nachgeschaltet sind.

6. Meßstromwandler nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Wechselspannungs-Differenzverstärker (18) ein schmalbandiger

2

frequenzselektiver Verstärker ist.

7. Meßstromwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dünnsfilme (1 bis 4) in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind und daß zur Erzeugung der Hilfsfelder ( $H_b$ ) eine stromdurchflossene Leiterschleife (30) vorgesehen ist.

8. Meßstromwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dünnsfilme (1 bis 4) in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind und daß zur Erzeugung der Hilfsfelder ( $H_b$ ) permanentmagnetische Schichten (13 bis 16) vorgesehen sind.

Die Erfindung bezieht sich auf einen kompensierten Meßstromwandler der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Ein solcher ist bereits bekannt (DE-AS 26 21 302). Dabei sind die Meßleiter und der Kompensationsstromleiter als Primär- und Sekundärwicklung eines Transformators ausgebildet und auf einem magnetischen Kern angeordnet. Als Magnetfeldsonde dient eine Halleffekt-Sonde, die sich in einem Luftspalt des magnetischen Kerns befindet.

Elektrische Brücken aus magnetoresistiven Dünnsfilmen zur Messung eines von einem Strom erzeugten Magnetfeldes sind bekannt (IEEE Transactions on Magnetics, Nov. 1976, Seiten 813—815).

Ferner ist es bekannt (DE-AS 23 44 508), mittels eines ferromagnetischen Dünnsfilms ein Magnetfeld zu messen und dabei mit einer Kompensationsspule das zu messende Magnetfeld durch ein regelbares und bekanntes Magnetfeld zu kompensieren. Dabei wird der Dünnsfilm sowohl dem Meßmagnetfeld als auch dem Kompensationsmagnetfeld durch magnetkernlose Kopplung derart ausgesetzt, daß diese beiden Magnetfelder den Dünnsfilm in Richtung seiner harten Magnetachse (Achse schwerer Magnetisierung) magnetisieren. Hierbei wird jedoch nicht der magnetoresistive Effekt des Dünnsfilms ausgenutzt, sondern ein induziertes elektrisches Signal analysiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen kompensierten Meßstromwandler der obengenannten Art dahingehend zu verbessern, daß er sich bei einfachem und raumsparendem Aufbau durch hohe Meßgenauigkeit auszeichnet.

Bei einem kompensierten Meßwandler mit einer Halleffekt-Sonde kann der magnetische Kern nicht ohne weiteres weggelassen werden, weil die zu messenden Magnetfelder senkrecht zur Hauptebene der plättchenförmigen Halleffekt-Sonden eingekoppelt werden müssen, was infolge der ohnehin geringen Empfindlichkeit der Halleffekt-Sonde nur mittels eines magnetischen Kerns mit genügender Effizienz möglich ist.

Die Erfindung ist im Anspruch 1 gekennzeichnet, und in Unteransprüchen sind weitere Ausbildungen der Erfindung beansprucht.

Nachfolgend werden einige Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines Meßstromwandlers,

Fig. 2 Teile eines Meßstromwandlers in perspektivischer Darstellung.

Fig. 3 ein Schaltbild einer Brücke, Fig. 4 und 5 Varianten einer Brücke und Fig. 6 und 7 Schaltbilder von Varianten des Meßstromwandlers.

In der Fig. 1 bedeuten 1 bis 4 vier ferromagnetische magneto-resistive Dünnfilme, die eine elektrische Brücke 5 bilden. Diese Brücke 5 ist aus einer Strom- oder Spannungsquelle 6 gespeist, stellt eine Magnetfeldsonde mit Ausgangsklemmen 7, 8 dar und ist einem magnetischen Außenfeld  $H_a$  ausgesetzt. Ein in einem Meßleiter 9 fließender Meßstrom  $I_m$  erzeugt ein Meßmagnetfeld  $H_m$  und ein in einem Kompensationsstromleiter 10 fließender Kompensationsstrom  $I_k$  erzeugt ein dem Meßmagnetfeld  $H_m$  entgegengerichtetes Kompensationsmagnetfeld  $H_k$  so daß  $H_a = H_m - H_k$  ist. Die an den Ausgangsklemmen 7, 8 entstehende Brückenspannung  $U_b$  ist auf den Eingang eines Differenzverstärkers 11 geschaltet, welcher ausgangseitig mit dem Kompensationsstromleiter 10 verbunden ist und den Kompensationsstrom  $I_k$  treibt. Über einem in den Kompensationsstromkreis geschalteten Widerstand 12 fällt eine Ausgangsspannung  $U_a$  ab, die zum Kompensationsstrom  $I_k$  proportional ist. Infolge der Wirkung der aus der Brücke 5, dem Differenzverstärker 11 und dem Kompensationsstromleiter 10 bestehenden Regelschleife stellt sich der Kompensationsstrom  $I_k$  so ein, daß das magnetische Außenfeld  $H_a$  praktisch verschwindet und  $I_k = I_m$  ist. In der nicht maßstäblich gezeichneten Fig. 2 liegen die Dünnfilme 1 und 4 in einer ersten gemeinsamen Ebene und die Dünnfilme 2 und 3 in einer zweiten, zur ersten Ebene parallelen Ebene. Der Dünnfilm 1 befindet sich deckungsgleich über dem Dünnfilm 2 und der Dünnfilm 4 deckungsgleich über dem Dünnfilm 3. Die Dünnfilme 1, 2 sowie die Dünnfilme 4, 3 sind gleich dick und bilden je ein Dünnfilmpaar, d. h. sie sind magnetostatisch miteinander gekoppelt und daher in sehr geringem Abstand, durch eine nicht gezeichnete Schicht voneinander isoliert, übereinander angeordnet. Der Meßstrom  $I_m$  im Meßleiter 9 und der Kompensationsstrom  $I_k$  im Kompensationsstromleiter 10 fließen in Richtung der leichten Magnetachse EA der Dünnfilme 1 bis 4. Als Meßleiter 9 und als Kompensationsstromleiter 10 dienen vorteilhaft flache Leiterbahnen oder Flachspulen, wobei die Brücke 5 in einer Zone angeordnet ist, in welcher sowohl der Meßstrom  $I_m$  als auch der Kompensationsstrom  $I_k$  ein homogenes Magnetfeld  $H_m$  bzw.  $H_k$  erzeugen, welche die Dünnfilme 1 bis 4 in Richtung ihrer harten Magnetachse HA magnetisieren. Da die Dünnfilme 1 bis 4, der Meßleiter 9 und der Kompensationsstromleiter 10 in zueinander parallelen Ebenen sehr nahe übereinander angeordnet werden können und nur durch eine dünne Schicht voneinander isoliert werden müssen, ist kein magnetischer Kern erforderlich, und die magnetkernlose Einkopplung der Magnetfelder  $H_m$  und  $H_k$  in die Dünnfilme 1 bis 4 erfolgt trotzdem mit hoher Effizienz.

In der Fig. 3 sind die Dünnfilme 2 und 3 gestrichelt gezeichnet, um anzudeuten, daß sie unter dem Dünnfilm 1, bzw. 4 liegen. Die beiden in der Zeichnung hinteren Enden der Dünnfilme 1, 2 und die beiden vorderen Enden der Dünnfilme 3, 4 sind an die Spannungs- oder Stromquelle 6 (Fig. 1) angeschlossen, welche einen Strom  $I_0$  in die Brücke 5 einspeist. Das vordere Ende des Dünnfilms 2 sowie das hintere Ende des Dünnfilms 4 sind mit der Ausgangsklemme 7 und das vordere Ende des Dünnfilms 1 sowie das hintere Ende des Dünnfilms 3 mit der Ausgangsklemme 8 der Brücke 5 verbunden.

Der im Dünnfilm 2 fließende Strom  $\frac{1}{2} I_0$  erzeugt im Dünnfilm 1 ein in der Zeichnung nach links gerichtetes magnetisches Hilfsfeld  $+H_b$ , wodurch der Magnetisierungsvektor  $M$  im Dünnfilm 1 im Gegenuhrzeigersinn um einen bestimmten Winkel aus der leichten Magnetachse EA herausgedreht wird. Analog entstehen durch den im Dünnfilm 3 fließenden Strom  $\frac{1}{2} I_0$  im

Dünnfilm 4 ein Hilfsfeld  $+H_b$  und eine Drehung des Magnetisierungsvektors  $M$  im Gegenuhrzeigersinn. Der im Dünnfilm 1 bzw. 4 fließende Strom  $\frac{1}{2} I_0$  bewirkt im

Dünnfilm 2 bzw. 3 ein nach rechts gerichtetes Hilfsfeld  $-H_b$  und eine Drehung des Magnetisierungsvektors  $M$  im Uhrzeigersinn. Die Hilfsfelder  $+H_b$  bzw.  $-H_b$  sind also in Richtung der harten Magnetachse HA so angelegt, daß die Magnetisierung in jedem der Dünnfilme 1 bis 4 im Vergleich zur Magnetisierung in den beiden elektrisch unmittelbar mit ihm verbundenen Dünnfilmen 2, 3 bzw. 1, 4 gegenläufig gedreht wird. Die aus dieser Drehung der Magnetisierung resultierende Widerstandsänderung ist in allen Dünnfilmen 1 bis 4 gleich und die Brücke 5 bleibt im Gleichgewicht.

Sobald die Brücke 5 dem magnetischen Außenfeld  $H_a$  ausgesetzt wird, ändert sich der elektrische Widerstand in den verschiedenen vormagnetisierten Dünnfilmen 1 bis 4 unterschiedlich, und es entsteht eine Brückenspannung  $U_b$ , die ein weitgehend lineares Abbild des Außenfeldes  $H_a$  darstellt.

Innerhalb des zulässigen Aussteuerungsbereichs, der dadurch begrenzt ist, daß jeweils ein Dünnfilm der Dünnfilmpaare 1, 2 und 3, 4 gesättigt wird, gilt

$$U_b \approx \frac{2 \cdot \Delta R}{(1 + \gamma)^2 - \gamma_{12}^2} \cdot I_0 \cdot h_b \cdot h_a \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

$\Delta R$  die maximale Widerstandsänderung der Dünnfilme,

$$\gamma = \frac{N \cdot M_s}{H_k}$$

einen normierten Entmagnetisierungsfaktor,

$$\gamma_{12} = \frac{N_{12} \cdot M_s}{H_k}$$

einen normierten Kopplungsfaktor,

$N$  den Entmagnetisierungsfaktor in den Dünnfilmen,

$N_{12}$  die gegenseitige Beeinflussung der Dünnfilme eines Dünnfilmpaares,

$M_s$  die Sättigungsmagnetisierung,

$H_k$  die Anisotropiefeldstärke,

$$h_b = \frac{H_b}{H_k} \text{ und}$$

$$h_a = \frac{H_a}{H_k}$$

Infolge des beschriebenen Nullabgleichs des Außenfeldes  $H_a$  wird die Linearität des beschriebenen Meßstrom-

31 33 908

5

wandlers durch allfällige Linearitätsfehler der Brücke 5 nicht beeinträchtigt.

Bei den Anordnungen nach den Fig. 4 und 5 werden die Hilfsfelder  $H_b$  unabhängig vom Strom  $I_b$  erzeugt. Die Dünnfilme 1 bis 4 liegen in einer gemeinsamen Ebene, weshalb die Dünnfilme 2 und 3 mit nicht unterbrochenen Linien gezeichnet sind. Die elektrischen Verbindungen der Dünnfilme 1 bis 4 entsprechen jenen der Fig. 3, sind aber der besseren Übersichtlichkeit halber in den Fig. 4 und 5 nicht dargestellt.

Gemäß der Fig. 4 erfolgt die Erzeugung der Hilfsfelder  $H_b$  mittels einer Leiterschleife 30, die dicht unter den Dünnfilmen 1 bis 4 angeordnet, von diesen isoliert ist und von einem Hilfsstrom  $I_b$  durchflossen wird. Bei der Anordnung nach der Fig. 5 ist dicht unterhalb jedes Dünnfilms 1 bis 4 eine von diesem isolierte permanentmagnetische Schicht 13 bis 16 angeordnet, welche das Hilfsfeld  $H_b$  in den zugehörigen Dünnfilm einkoppelt. In beiden Fällen ist  $\gamma_{12} = 0$ .

Zur Unterdrückung von Offsetspannungen der Brücke 5 und des Verstärkerkreises ist in der Fig. 6 die Brücke 5 aus einer Wechselspannungs- oder Wechselstromquelle 17 mit z. B. rechteckförmigem oder sinusförmigem Kurvenverlauf gespeist. An die Ausgangsklemmen 7, 8 der Brücke 5 ist ein Wechselspannungs-Differenzverstärker 18 angeschlossen, welchem ein Synchrondetektor 19, ein Filter 20 und ein den Kompensationsstrom  $I_h$  treibender Verstärker 21 nachgeschaltet sind. Der Synchrondetektor 19 polt die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 18 im Takt des alternierenden Stromes  $I_b$  um. Am Ausgang des Filters 20 entsteht ein zum magnetischen Außenfeld  $H_a$  proportionales, von Offsetfehlern befreites elektrisches Signal. Der gestrichelt gezeichnete Synchrondetektor 19 ist nur erforderlich, wenn die Brücke 5 gemäß der Fig. 4 oder 5 ausgebildet ist, d. h. wenn die Hilfsfelder  $H_b$  unabhängig vom Strom  $I_b$  erzeugt werden. Werden hingegen die Hilfsfelder  $H_b$  gemäß der Fig. 2 und 3 mittels des Stromes  $I_b$  erzeugt, so kann der Synchrondetektor 19 weggelassen werden, weil bei einem Vorzeichenwechsel des Stromes  $I_b$  auch die Hilfsfelder  $H_b$  ihre Richtung umkehren und daher, wie aus Gleichung (1) ersichtlich ist, die Brückenspannung  $U_b$  ihr Vorzeichen nicht wechselt.

Die beschriebene Wechselstromspeisung der Brücke 5 bewirkt (sofern die Brücke 5 nicht gemäß den Fig. 2 und 3 ausgebildet und mit einem rechteckförmigen Wechselstrom gespeist ist) eine Modulation der Brückenspannung  $U_b$ . Dies gestattet, als Wechselspannungs-Differenzverstärker 18 einen schmalbandigen frequenzselektiven Verstärker einzusetzen, wodurch eine große Verstärkung bei gutem Signal/Stör-Verhältnis erzielt werden kann. Wird die Brücke 5 gemäß der Fig. 4 ausgebildet, so kann die Modulation der Brückenspannung  $U_b$  auch dadurch erfolgen, daß der Hilfsstrom  $I_b$  ein Wechselstrom und somit das Hilfsfeld  $H_b$  ein Wechselfeld ist.

Wird die Brücke 5 in der Schaltungsanordnung nach der Fig. 6 gemäß den Fig. 2 und 3 ausgebildet, so alternieren der Strom  $I_b$  und die Hilfsfelder  $H_b$  mit der gleichen Frequenz  $f_b$ . Da die Brückenspannung  $U_b$  sowohl zum Strom  $I_b$  als auch zum Hilfsfeld  $H_b$  proportional ist, enthält die Brückenspannung  $U_b$  eine Komponente der Frequenz  $2f_b$ . Somit kann im Differenzverstärker 18 die Komponente der Frequenz  $2f_b$  frequenzselektiv verstärkt und ein Übersprechen der Frequenz  $f_b$  wirksam verhindert werden. Dieses Prinzip läßt sich auch bei der Ausbildung der Brücke 5 gemäß

6

der Fig. 4 anwenden, indem der Hilfsstrom  $I_b$  und der Speisestrom  $I_b$  der Brücke mit der Frequenz  $f_b$  alternieren.

Die Dynamik des beschriebenen Meßstromwandlers ist durch den zulässigen Aussteuerungsbereich der Brücke 5 begrenzt. Übersteigt das magnetische Außenfeld  $H_a$  beispielsweise beim Einschalten der Speisepannung oder infolge von Störimpulsen einen vorgegebenen Wert, so gelangen die Dünnfilme 1 bis 4 in die Sättigung, und die Regelschleife kann nicht mehr ordnungsgemäß arbeiten. Anhand der Fig. 7 wird gezeigt, wie dies vermieden und der Dynamikbereich vergrößert werden kann.

Der Meßstromwandler nach der Fig. 7 enthält neben der Brücke 5 noch eine weitere, gleichartige Brücke 22, die gleich aufgebaut ist wie die Brücke 5, jedoch einen größeren Aussteuerungsbereich und eine kleinere Empfindlichkeit aufweist. Der Aussteuerungsbereich der Brücke 5 beträgt beispielsweise  $\pm 5$  Oersted und jener der Brücke 22 z. B.  $\pm 50$  Oersted. Ein Umschalter 23 schaltet in der einen Schalterstellung den Ausgang der Brücke 5 über einen Differenzverstärker 24 auf den Eingang eines Verstärkers 25 und in der zweiten Schalterstellung den Ausgang der Brücke 22 über einen Differenzverstärker 26 auf den Eingang des Verstärkers 25. Der Verstärkungsfaktor der Differenzverstärker 24, 26 ist konstant. Der Verstärker 25 treibt den Kompensationsstrom  $I_h$  und weist daher einen hohen Verstärkungsfaktor auf. Der Ausgang der Brücke 22 ist über den Differenzverstärker 26, einen Gleichrichter 27, ein Filter 28 und einen Schwellenschalter 29 an einen Steuereingang des Umschalters 23 angeschlossen.

Beim ordnungsgemäßen Betrieb des Meßstromwandlers befindet sich der Umschalter 23 in der gezeichneten Stellung, und die Regelschleife wird über die empfindliche Brücke 5, den Differenzverstärker 24 und den Verstärker 25 geschlossen. Solange diese Regelschleife die Änderungen des durch den Meßstrom  $I_m$  erzeugten Meßmagnetfeldes  $H_m$  ausgleichen kann, bleibt das Außenfeld  $H_a$  sehr klein. Die Brücke 5 arbeitet dabei im linearen Bereich.

Beim Einschalten der Speisepannung oder beim Auftreten von Störspitzen ist es möglich, daß das Außenfeld  $H_a$  den Aussteuerungsbereich der Brücke 5 übersteigt und diese gesättigt wird, so daß die Regelschleife über die empfindliche Brücke 5 nicht funktionsfähig ist. In diesem Fall wird jedoch das Ausgangssignal des als Absolutwertbildner arbeitenden Gleichrichters 27 so groß, daß der Schwellenschalter 29 anspricht, der Umschalter 23 umschaltet und die Regelschleife über die weniger empfindliche Brücke 22 geschlossen wird. Sobald das Außenfeld  $H_a$  wieder klein genug und die Ausgangsspannung des Filters 28 den unteren Schwellenwert des Schwellenschalters 29 unterschreitet, übernimmt wieder die Brücke 5 die Regelfunktion.

Die anhand der Fig. 6 erläuterte Wechselstromspeisung und Wechselstromverstärkung wird vorteilhaft auch bei den Brücken 5 und 22 bzw. den Verstärkern 24 und 26 der Fig. 7 angewandt.

Zur Vergrößerung des Dynamikbereichs ist es auch möglich, mittels eines Magnetfeld-Nullindikators den jeweiligen Zeitpunkt des Nulldurchgangs des Meßmagnetfeldes  $H_m$  zu erfassen. Bei ordnungsgemäß arbeitender Regelschleife ist bei  $I_m = 0$  auch  $I_h = 0$ . Nach einer Übersteuerung der Brücke 5 ist jedoch diese Bedingung nicht mehr erfüllt. Übersteigt der Kompensationsstrom  $I_h$  zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs des Meßmagnet-

31 33 908

7

feldes  $H_m$  einen vorgegebenen Betrag, so kann mittels einer Logikschaltung auf die Regelschleife so eingewirkt werden, daß der Kompensationsstrom  $I_k$  kurzzeitig verschwindet, wodurch das magnetische Außenfeld  $H_a$  unter die Aussteuerungsgrenze der Brücke 5 sinkt und die Schaltung danach wieder im Einfangbereich der Regelschleife arbeitet. Als Magnetfeld-Nullindikator kann ebenfalls ein magnetoresistiver Dünnfilm eingesetzt werden.

8

Der beschriebene magnetkernlose Meßstromwandler liefert bei galvanischer Trennung ein genaues lineares Abbild des Meßstromes  $I_m$  und ist zur Messung von Wechsel- und Gleichströmen geeignet. Die Dünnfilme 1 bis 4 der Brücken 5 und 22, die elektronischen Komponenten und der gegebenenfalls als Dünnfilmspule ausgebildete Kompensationsstromleiter 10 lassen sich in integrierter Schaltungstechnik herstellen und auf einem einzigen Halbleiterplättchen vereinigen.

---

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

---



Fig. 6

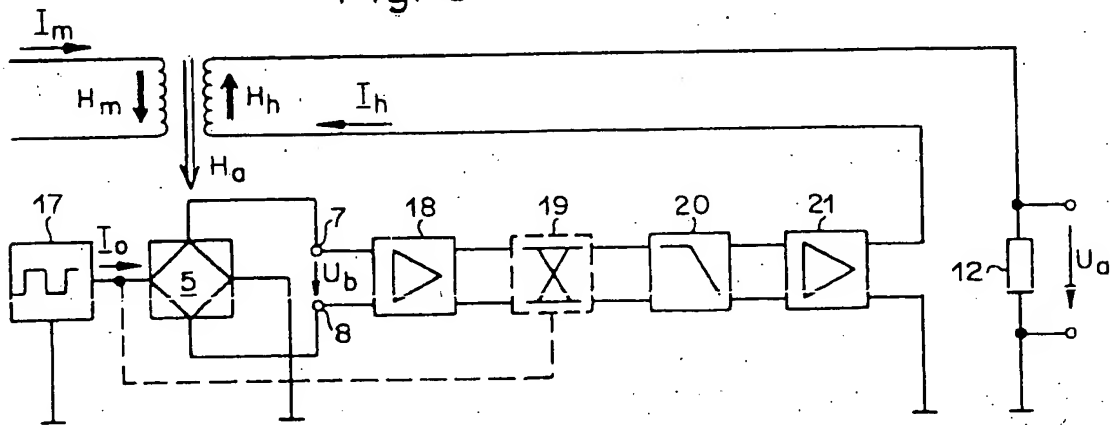
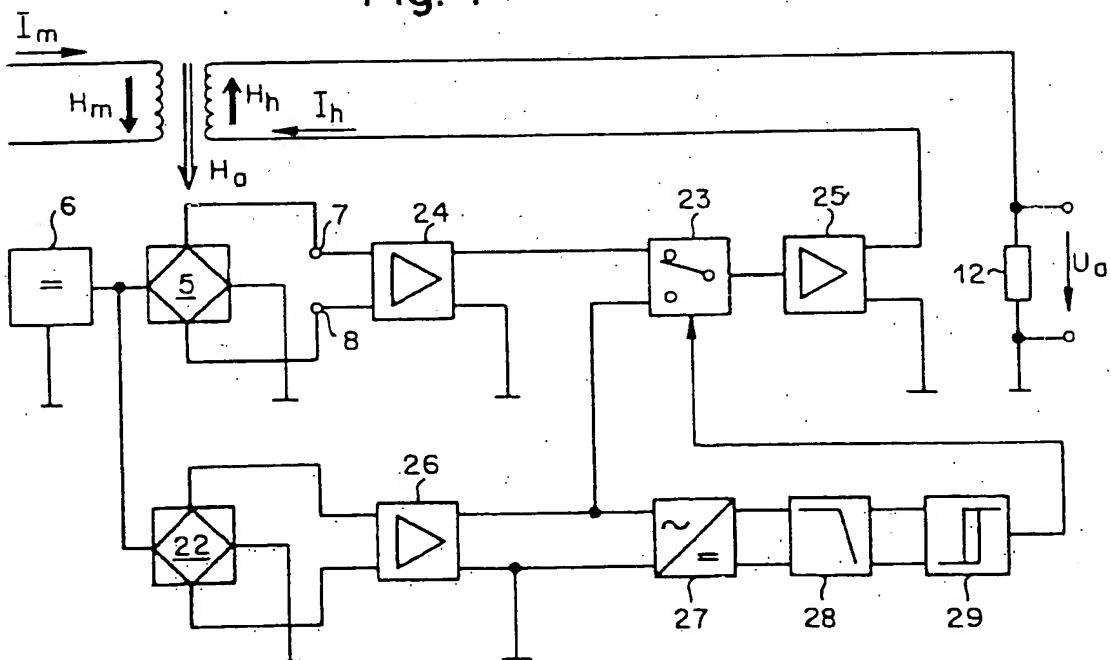


Fig. 7



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**